

図6 総合嗜好に与えるウエイト

因子分析によって抽出した各因子を、行動の順に並べた。総合嗜好を目的変数として重回帰分析を行い、重回帰係数をグラフに示した。

計ポイントとなる。

4-1. 毛髪強度の改善

マクロフィブリルに侵入して新たにイオン的な結合あるいは水素結合を生成させ、ミクロフィブリル間の結合を増加させてフィブリル間の結合角の変化を抑制するためには、分子量が小さく、たんぱく質との水素結合生成に優れることが重要な要件である。われわれは、毛髪の構成成分であるアミノ酸に注目した。ブリーチ処理によって引っ張り強度が低下した毛髪を用いて各種のアミノ酸水溶液を適用し、適用前後の引っ張り強度を測定した。その結果、特定のアミノ酸がブリーチ毛髪の引っ張り強度を改善する効果に優れることが確認された(図7)。ヘケア化粧品へのアミノ酸の配合は古くから知られており、経験的には使用感の評価を高めることからひろく使用されてきたが、最近の毛髪ダメージにも有効である。

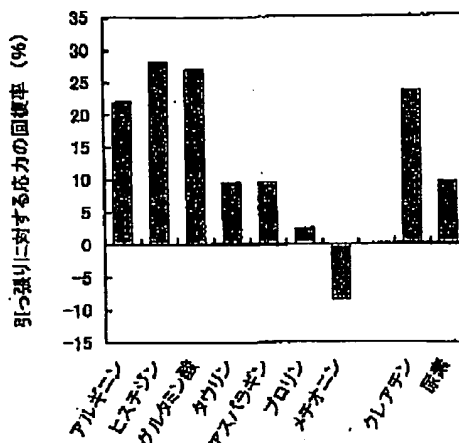


図7 ブリーチ毛髪の引っ張り強度の回復

健全毛の引っ張り応力を100、その毛髪をブリーチした後の引っ張りに対する応力を0としたときの、各試料1%水溶液浸漬後の引っ張りに対する応力の比

4-2. 手触りの改善

シャンプーにおいてはコンディショニングポリマーが泡質を改善しすすぎ時の感触を整えることはよく知られている。この感触を機器により評価する方法として流水を用いて毛髪束を流れる水の摩擦を計測する方法が報告されている⁹⁾。この方法では上流下流の圧力差が小さく水の流れがスムーズであるほうが、「すすぎやすい」と感じられやすい。われわれはシャンプーが使用されるときの水での希釈と、これにより析出するポリマーコンプレックスに注目した。市販のシャンプーを精製水で7倍に希釈したときに析出分離する下層を遠心分離により安定化し、この析出物の転がり摩擦を調べた。析出物の転がり摩擦の計測には、草薙らの方法¹⁰⁾を応用した。得られたチャートのプロフィールと、ヒトによる官能評価を比較し関連をみたところ、シャンプー希釈後に下部に分離相が見られないか分離が見られてもその転がり摩擦が小さく計測できないシャンプーは、「すすぎ時に髪がきしむ」「髪がからまる」と評価される傾向にあった。反対に下部分離相の転がり摩擦が大きな値を示したシャンプーは、すすぎが「なめらか」と評価される反面、「重たい」「ぬるぬる

する」と評価される傾向にあった。このことは、シャンプー希釈時の分離層の性質によってシャンプーすすぎ時の印象がおおしくかわることを示している。われわれは、多糖質の骨格の構造、カチオン化度を遠えた各種のカチオン性コンディショニングポリマーを配合したシャンプー試料を開製し精製水で7倍に希釈して、分離した下層を取り出して、これらの転がり摩擦を計測した。その結果、水流摩擦が小さく（水の流れがよく）転がり摩擦も小さい（ぬるぬるしない）理想的なコンディショニングポリマーとして、カチオン化でんぶんとカチオン化ローカストビーンガムを見出した。

カチオン化でんぶんを使用したシャンプーはすすぎ時にさらさらとした感触を与えるほか毛髪の吸着面を均一に整える特徴があった（図8）。カチオン化でんぶんは、シャンプーに配合されて毛髪に吸着すると、外面の凹凸が小さい吸着膜となる。このため、毛髪の自然なツヤを高めた。さらさらな感触と「つや」を実感させる商品に最適なコンディショニングポリマーである。

一方、カチオン化ローカストビーンガムはアシル化メチルタウリン塩との併用で、なめらかなすすぎ感を実現し、コンディショナー使用後のしっとり感（ヒト官能評価）を高める最近のユーザーの嗜好にマッチしたコンディショニングポリマーである（図9）。

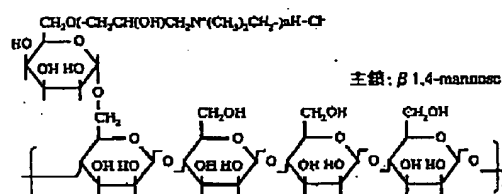
最近の毛髪表面にはアニオン性部位が増大しているため、コンディショニングポリマーのカチオン電荷密度が高いほうが効果を感じられやすいが、過剰な吸着の原因にもなるため、カチオン化密度や配合量の選定には注意が必要である。代表的なカチオン性コンディショニングポリマーを表2に示した。

仕上がりの手触り感触のよさは、主にコンディショナーに配合される油剤によりコントロールされるが、従来は、非極性のシリコンが多く用いられたのに比べ、最近では部分的に極性基が導入されたシリコン誘導体がよく用いられるようになってきたことは、毛髪の表面が以前よりも平均的に親水性化していることによる。



(a) カチオン化セルロース (b) カチオン化でんぶん
図8 シャンプー処理後の表面状態のSEMによる観察像

どちらもキューティクル表面に吸着しているのがわかる。(a)はキューティクルの段差以外にも凹凸が大きい。一方、(b)はキューティクルの段差以外の凹凸が小さく、全体的に均一な面に見える。



ローカストビーンガムは、マメ科の常緑樹の種子の胚乳に含まれる多糖類。ガラクトースとマンノースとの比が1:4で構成され、ガラクトースの側鎖とマンノースの主鎖から成る。

図9 カチオン化ローカストビーンガムの一般構造

4-3. しっとり感、まとまりのよさの実現

4-3-1. 毛髪のしっとり感

毛髪内でたんぱく質と水素結合している水分子を一次結合水、一次結合水と結合している水分子を二次結合水と呼ぶことにする。熱の移動は、二次結合水の移動速度に大きく関与しており、二次結合水の運動性を高めることがしっとり感を与えるのに効果的であると考えられる。一般に多価アルコールはこれらの水分子と置き換わって水分子の運動性を増し、熱移動量を高めることでしっとり感を付与していると考えられる。

われわれは、従来から用いられてきた「しっとり感」を付与する多価アルコールの代表例としてグリセリン、ソルビトールを選び、さらに特徴ある構造をもつカチオン化された糖オリゴマーについて、熱移動量を測定した（図10）。加えて、熱移動特性に優れたソルビトールとカチオン化オリゴ糖について、24時間後の水分量を測定した（図

表2 代表的なカチオン性コンディショニングポリマー

一般名 (カチオン化多糖類)	基本骨格	溶液粘性	カチオン性基置換度
カチオン化セルロース	β -1,4-グルコシド	低-高	低-中
カチオン化でんぷん	α -1,4-グルコシド	低	低
カチオン化グアガム	ガラクトース (1) マンノース (2)	高	低
カチオン化ローカストビーンガム	ガラクトース (1) マンノース (4)	中	低
INCI名 (ビニル系高分子)	構成モノマー	分子長	カチオン電荷密度
ポリクオタニウム-7	DMDAC-AAm	大	高
ポリクオタニウム-22	AA-DMDAC	大	高
ポリクオタニウム-39	AA-DMDAC-AAm	大	低

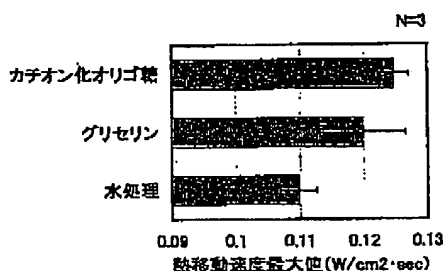


図10 カチオン化オリゴ糖の熱移動特性

フィンガーロボットサーモラボ (カトーテック社製) により、BT: 32度で、熱移動速度を測定した。(同一温度で比較、平均値±標準偏差)

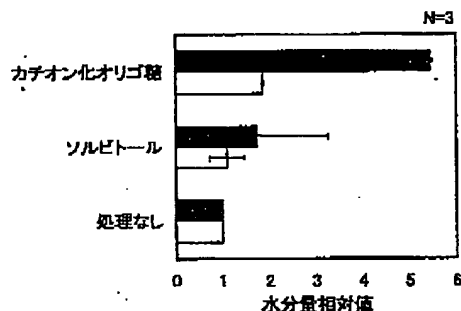


図11 カチオン化オリゴ糖の水分保持能

健全毛 (□)、ブリーチ毛 (■) に対して各試料を適用した毛髪、25℃・50%相対湿度中で24時間安定化した後の水分量を測定した。各試料による処理前の値を1としたときの相対値を示した。(平均値±標準偏差)

11)。その結果、カチオン化オリゴ糖が持続性に優れるしっとり感向上に適した成分であることを見出した。

4-3-2 毛髪のもたまり (やわらかさ)

仕上がり時の毛髪相互のすべり特性の調整は主にコンディショナーの適用による油剤の吸着により実現されるが、毛髪表面が親水性化され非極性の油剤は吸着されにくくなっており、従来の設計のままではすべり性の改善効果が感じられにくい。このため、極性基を部分的に導入したシリコーン誘導体や、カチオン性基を導入したシリコーン誘導体が開発され、すべり性の改善効果を担っている。一方、毛髪のやわらかさの調整は、曲げ

応力の低下で評価した。市販の商品を適用した毛髪の曲げ応力が適用前に比べて適用後に小さくなった商品では、「髪が柔らかいと思う」という回答が高い割合で出現し、商品の評点も高くなる傾向があった。ダメージ補修の観点から、新しい水素結合の生成によるフィブリル同士の固定化により毛髪の強度を高めることが必要であるので、曲げ応力を下げるには、水素結合の数を減らす、マイクロフィブリルのずりやすさを増大させることが必要になる。マトリックスへの浸潤と水素結合部分への介在を期待して種々の多価アルコールについて曲げ特性への影響を調べた。曲げ試験は1本ごとに測定する安田らの方法に従い、一定曲率